



М. ҚОЗЫБАЕВ АТЫНДАҒЫ
СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ
СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М. КОЗЫБАЕВА

M. KOZYBAYEV
NORTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY



Индекс 74935

ХАБАРШЫ

ТЕХНИКАЛЫҚ СЕРИЯСЫ

ВЕСТНИК

СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ

BULLETIN

TECHNICAL SERIES



№ 4 (33)

Петропавл., 2016

**М.ҚОЗЫБАЕВ АТЫНДАҒЫ
СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ
СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.КОЗЫБАЕВА**

**М.KOZYBAYEV
NORTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY**

ХАБАРШЫ

Техникалық сериясы

ВЕСТНИК

Серия техническая

BULLETIN

Technical series

№ 4 (33)

**Петропавл
2016**

**М.Қозыбаев атындағы
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы**

**Вестник Северо-Казахстанского государственного
университета им. М.Козыбаева**

Bulletin of M.Kozybayev North-Kazakhstan State University

**Басылымы IV (XXXIII)
Выпуск IV (XXXIII)
Volume IV (XXXIII)**

**Жылына 4 рет басылып шығарылады
Выходит 4 раза в год
Published 4 times a year**

Редакционная коллегия серии:

Омирбаев С.М., ректор, д.э.н., профессор - главный редактор.

Ивель В.П., д.т.н., профессор - заместитель гл. редактора.

Члены коллегии:

Демьяненко А.В. - к.т.н.;

Косых А.В. - д.т.н., профессор (Россия);

Попов А.Ю. - д.т.н., профессор (Россия);

Машеков С.А. - д.т.н., профессор (Казахстан, КазННТУ им.К.И.Сәгпаева);

Кошеков К.Т. - д.т.н., доцент;

Савинкин В.В. - к.т.н.;

Dr.-Ing. Arnold Sterenharz, Managing Director, ECM space technologies GmbH, Berlin (Германия);

Кузнецова В.Н. - д.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (Россия, г.Омск).

М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы / Вестник Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева / Bulletin of M.Kozybayev North Kazakhstan State University. Выпуск №4(33). - Петропавловск: СКГУ им. М.Козыбаева, 2016. – 162 с.

© Северо-Казахстанский государственный университет
им. М.Козыбаева, 2016, г. Петропавловск

Имамбаева Р.С. (доцент, к.т.н., ЕНУ им. Л.Гумилева, г. Астана), Имамбаев Н.С. (старший преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Методы и технологии выбора конструктивных решений гражданских зданий....	65
Иманбаева А.К. (магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Кошеков К.Т. (профессор, д.т.н., Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Интернет вещей (ИОТ): Обзор и архитектура.....	71
Кашевкин А.А. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Кошеков К.Т. (профессор, д.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Позиционирование датчиков в беспроводной сенсорной сети.....	74
Қазкенов А.Б. (студенттер, М.Қозыбаев атындағы СҚМУ, қ. Петропавл) Газ-3307 жүк автокөлігін ауыл жағдайына тиімді етуіп жасау.....	77
Курмашев И.Г. (декан ФИТ, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Метод спектрального анализа «Две цели пяти импульсов».....	79
Латыпов С.И. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Зыкова Н.В. (старший преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Доработка автомобильной системы отопления.....	84
Латыпов С.И. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Калантаевская Н.И. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Исследование акустических свойств проводников, подвергаемых образованию наледи.....	87
Максименко Е.В. (преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Гриппе Р.А. (студент, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Повышение компетенции программирования микроконтроллеров при использовании отладочной платы ARDUINO NANO.....	90
Мошкин Д.С. (магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Емелин Р.Е. (студент, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Поляков В.В. (профессор, д.х.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Технология получения лекарственных фито пленок на основе экстракта пиволги вязолистной.....	94
Петров П.А. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Коммуникация отладочной платы ARDUINO MEGA 2560 с программным обеспечением MATLAB.....	98
Полищук Н.Ю. (старший преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Реализация ландшафтно-планировочных принципов пассивного здания в курсовом проектировании.....	104
Савинкин В.В. (доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Карамгужинова А.Е. (преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Исследование основных параметров одноковшового экскаватора.....	107
Савинкин В.В. (доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Ратушная Т.Ю. (докторант PhD, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Математическое описание основных факторов, повышения газо-динамической нагрузки турбины ТЭЦ.....	114
¹ Савенкова И.В., ² Морозова А., ² Лысенко И. (¹ кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ² студентки 4 курса специальности 5В080700 Лесные ресурсы и лесоводство, СКГУ им. М.Козыбаева) Эффективность технических характеристик гард при защите леса от вредителей в условиях лесостепной зоны Северного Казахстана.....	118

М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы

Меншік иесі: ҚР Білім және ғылым министрлігінің «Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті» ШЖҚ РМК. №13405-Ж есепке алу туралы кәуалігін 2013 жылдың 25 ақпанында ҚР Мәдениет және ақпарат министрлігі берген.

Басылуға 11.11.2016 ж. қол қойылды. Пішімі 60×90 1/8. Times гарнитурасы.

Кілемі 20,25 б.т. Таралымы 60 дана. Кітап-журнал қағазы. Тапсырыс №221.

М.Қозыбаев атындағы СҚМУ баспаханасында басылды. 150000, Петропавл қ., Пушкин к., 86.

Вестник Северо-Казакштанского государственного университета им. М.Козыбаева

Собственник: РГП на ПХВ «Северо-Казакштанский государственный университет имени Манаша Козыбаева» МОН РК. Свидетельство о постановке на учет №13405-Ж от 25 февраля 2013 г. выдано Министерством культуры и информации РК.

Подписано в печать 11.11.2016 г. Формат 60×90 1/8. Гарнитура Times.

Объём 20,25 усл.печ.л. Тираж 60 экз. Бумага книжно-журнальная. Заказ №221.

Отпечатано в СКГУ им. М. Козыбаева. 150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86.

Bulletin of M.Kozybayev North Kazakhstan State University

Owned by Republican State Enterprise «M.Kozybayev North Kazakhstan State University». Certificate no.13405-Ж issued by Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan on 25 February, 2013.

Signed for publishing on 11/11/2016. Size: 60x90 1/8. Font type: Times. Volume: 20.25 conventional lists. Number of copies: 60. Order no. 221. Printed on office paper by M. Kozybayev NKSU Press, 86, Pushkin street, Petropavlovsk, Kazakhstan, 150000.

2. Герасимов Ю.Ю., Сюнев В.С., Соколов А.П. Оптимизационный расчет параметров гидравлических механизмов привода манипулятора лесной машины // Строительные и дорожные машины. – 2006. – №12. – Декабрь. – С. 26–32.

УДК 681.121.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ПОВЫШЕНИЯ ГАЗО-ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ТУРБИНЫ ТЭЦ

Савинкин В.В.

(доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск)

Ратушная Т.Ю.

(докторант PhD, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск)

Аннотация

Мақалада зерттеулердің нәтижелері ұсынылған технологиялық цикл турбина жұмысының мүмкіндік берген білдіруге негізгі тұжырымдамалық қағидалары арқылы әзірленген математикалық модель динамикалық процестерді турбина жылу электр станцияларының

Аннотация

В статье представлены результаты исследований технологического цикла работы турбины, которые позволили выразить основные концептуальные принципы через разработанную математическую модель динамических процессов турбины ТЭЦ

Abstract

Results of researches of a production cycle of operation of the turbine which have allowed to express the basic conceptual principles through the developed mathematical model of dynamic processes of the turbine of warmly electro station are presented in article

В силу известных преимуществ лопатки сложной геометрии являются наиболее распространенной и ответственной деталью применяемой в турбинах ГЭС и ТЭЦ, дислокация которых охватывает широкую географию России и Казахстана. Их надежность и совершенство в значительной степени определяют газодинамическое совершенство турбомашин и её долговечность. В процессе эксплуатации теплофикационных турбин, их лопатки подвержены высоким нагрузкам, вибрации, неравномерному циклическому нагреву, коррозии, эрозии и др. Одновременно в лопатках формируются такие механизмы разрушения, как ползучесть, усталость, малоцикловая усталость, термоусталость, существенно снижая надежность турбоагрегата в целом

Статические и динамические нагрузки, длительно воздействуя на лопатку, вызывают концентрацию и аккумуляцию в ней микроскопических повреждений, развитие и объединение которых приводит к появлению трещин и разрушению. В современном математическом описании работы турбины традиционно производят прочностной, силовой и термодинамические расчеты. Однако их результаты не всегда информативны и не содержат функциональных зависимостей учитывающие системные связи основных параметров, а также влияние динамических нагрузок турбины на энергоэффективность процесса отбора мощности и генерации энергии. Энергоэффективность и газодинамические

процессы на переходных режимах работы турбины, как научная область изучена не в полной мере, что затрудняет установление и обоснование зависимостей основных параметров турбины, снижает возможность эффективного прогнозирования и применения высокотехнологичных способов восстановления проектной геометрии лопаток и ее физико-механических свойств.

Таким образом, известная математическая модель паровой турбины нуждается в существенной модернизации с обоснованием качественных критериев энергоэффективности процесса.

При разработке математической модели динамических процессов турбины, исследование пера лопатки произведено по стержневой модели и приняты следующие допущения: лопатку считать жестко заделанной в корневом сечении; материал лопатки считать линейно упругим; используется принцип суперпозиции: напряжения определяли от каждой из нагрузок отдельно по каждому виду деформации независимо и затем суммировали; для лопаток с малым радиусом переходного сечения из-за нелинейности деформаций это допущение может дать заметные погрешности; крутящие моменты и вызванные ими касательные напряжения рассчитаны для каждого участка лопатки; это допущение помогло расширить границы понимания причинно-следственных связей формирования внутренних напряжений на разной длине лопаток с большими углами естественной закрутки.

Температурные нагрузки, возникающие вследствие неравномерного нагрева лопатки, сравнительно малы в неохлаждаемых лопатках турбины и при исследовании лопаток не рассматриваются.

Критерием статической прочности лопаток служит величина запаса прочности, которая определяется как отношение предельного напряжения $\sigma_{пред}$ к наибольшему суммарному напряжению:

$$K = \sigma_{пред} / \sigma_{\Sigma max}$$

Из разработанной математической модели динамических процессов турбины ТЭЦ установлено, что наименьший запас статической прочности находится в корневом сечении лопатки. На основании опыта проектирования в зависимости от типа и назначения турбомашин, типа лопаток, наличия бандажных полок, технологии изготовления лопаток и других факторов коэффициенты запаса прочности имеет диапазон 1,8...2,3.

Анализируя предложенную математическую модель динамических процессов турбины, особого внимания заслуживают следующие равенства:

- центробежные силы, действующие в сечениях $i = 1, 0$, и соответствующие им напряжения от растяжения:

$$P_{ji} = A(R_5^2 - R_i^2) \frac{k}{2k} F_i \quad (1)$$

$$\rho_i = \frac{P_{ji}}{F_i} \quad (2)$$

- осредненное значение интенсивности газовой нагрузки по длине лопатки, в окружном направлении:

$$P_u \sim \frac{G_r(C_{1u} - C_{2u})}{z(R_5 - R_0)} \quad (3)$$

$$P_a = \frac{(R_5 - R_0)}{z} (P_1 - P_2) = \frac{G_r(C_{1a} - C_{2a})}{z(R_5 - R_0)} \quad (4)$$

- значения изгибающих моментов M_{px} и M_{py} от действия газовой нагрузки P_u и P_a относительно осей x и y :

$$M_{px} \sim \frac{1}{2} P_u (R_5 - R_i)^2, \quad (5)$$

$$M_{py} = M_{px} \cos \beta - M_{px} \sin \beta; \quad (6)$$

$$M_{pz} = M_{py} \sin \beta + M_{px} \cos \beta. \quad (7)$$

Определяем компенсирующие моменты, действующие в плоскости R_0x :

$$M_{ji(i-1)} = M_{ji} + \Delta M_1 + \Delta M_2 (i = 1 \dots 2). \quad (8)$$

M_{ji} — изгибающий момент в i -м сечении лопатки; ΔM_1 — приращение изгибающего момента в сечении $i-1$ от центробежной силы, приложенной в центре масс i -го сечения пера; ΔM_2 — приращение изгибающего момента в сечении $i-1$ от центробежной силы ΔP_j элементарной массы, находящейся между сечениями i и $i-1$:

$$M_1 \sim P_{ji}(\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i-1});$$

$$M_2 \sim \frac{2}{8} (F_i - F_{i-1})(R_i^2 - R_{i-1}^2)(\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i-1}).$$

Подставляя в (8) значения ΔM_1 и ΔM_2 , получаем расчетное уравнение, решение которого представлено в таблице 1:

$$M_{ji(i-1)} = M_{ji} + P_{ji}(\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i-1}) - \frac{2}{8} (F_i - F_{i-1})(R_i^2 - R_{i-1}^2)(\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i-1}). \quad (9)$$

Таблица 1

Параметры профиля	Радиус сечения				
	1	2	3	4	5
M_{ji} , Нм	-36,3165	-20,0352	-8,7484	-2,1569	0,0000

$P_{ji} \cdot 10^{-3} \text{Н}$	119,697	86,381	55,801	27,057	0,000
$(x_i - x_{i-1}) \cdot 104, \text{м}$	1,594	1,594	1,594	1,594	1,594
$\Delta M_{i-1} \text{Нм}$	-19,084	-13,772	-8,897	-4,314	0,000
$(F_i + F_{i-1}) 104 \text{м}^2$	13,442	12,059	10,834	9,767	8,777
$R_i - R_{i-1} \text{м}^2$	0,049	0,052	0,055	0,058	0,061
$[6] \times [7] \times [4] \times 108, \text{м}^5$	1,040	0,993	0,946	0,901	0,854
$\Delta M = \rho \omega^2 / 8 \times [8] \text{Нм}$	-2,628	-2,509	-2,390	-2,278	-2,157
$M_{j(i-1)} \text{Нм}$	-58,028	-36,317	-20,035	-8,748	-2,157

Определяем окружную составляющую центробежной силы, действующей в плоскости R_{0y} :

$$P_{jy(i-1)} = P_{ji} + \Delta P_{jy} (i = 1 \dots 2). \quad (10)$$

P_{ji} — окружная составляющая от центробежной силы P_{jy} , приложенной в центре масс i -го сечения пера; ΔP_{jy} — окружная составляющая от центробежной силы ΔP_j элементарной массы, расположенной между сечениями i и $i-1$.

$$P_{jy} = \frac{2}{4} (F_i - F_{i-1})(R_i - R_{i-1})(y_i - y_{i-1}). \quad (11)$$

Результаты вычислений по равенству (11) сведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры профиля	Радиус сечения				
	1	2	3	4	5
$P_{ji} \cdot \text{Н}$	-44,616	-37,825	-27,658	-14,826	0,000
$(F_i + F_{i-1}) 104 \text{м}^2$	13,442	12,059	10,834	9,767	8,777
$(y_i + y_{i-1}) 104, \text{м}$	-0,940	-2,821	-4,702	-6,582	-8,463
$R_i - R_{i-1} \text{м}$	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
$\Delta P_{jy} \cdot \text{Н}$	-2,523	-6,790	-10,167	-12,832	-14,826
$P_{jy(i-1)} \cdot \text{Н}$	-47,138	-44,616	-37,825	-27,658	-14,826

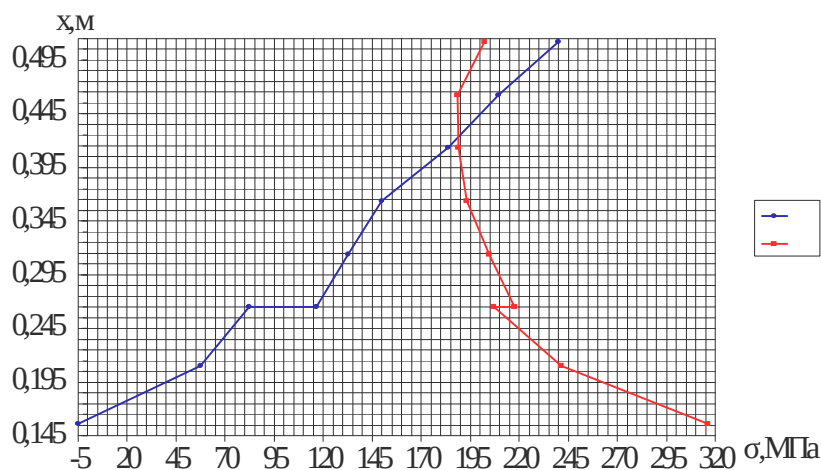


Рисунок 1. Распределение радиальных и тангенциальных напряжений по диску

